

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-288532

(43)Date of publication of application : 19.10.1999

(51)Int.Cl.

G11B 7/26

G03F 7/20

G11B 7/24

(21)Application number : 10-087369

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 31.03.1998

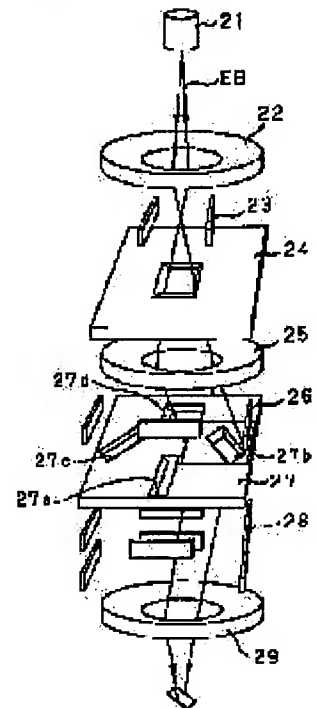
(72)Inventor : YAMATSU HISAYUKI  
AKI YUICHI  
YAJIMA TAKASHI

## (54) EXPOSURE DEVICE, EXPOSURE METHOD AND RECORDING MEDIUM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To hold information in the direction except a track direction and to heighten recording density by controlling an advance direction of an electron beam, transmitting the electron beam through opening parts of a mask having the opening parts of plural different shapes arranged in the path of the electron beam controlled with a deflection means and controlling the advance direction of the electron beam according to a pit pattern.

**SOLUTION:** The electron beam EB passes through an aperture 24, and is converged by a middle lens 25, and its advance direction is controlled by a first deflection electrode 26, and the advance direction is controlled according to a modulation signal supplied from a modulation signal output circuit. Further, when the pattern answering to a second pit is exposed by the electron beam EB emitted from an electron beam head, a voltage is applied to respective electrodes constituting the first deflection electrode 26, and the advance direction of the electron beam EB is bent by an electric field occurring on them, and the electron beam EB is made to pass through the opening part 27b.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]



特開平 1 1 - 2 8 8 5 3 2

(43) 公開日 平成 1 1 年 (1 9 9 9) 1 0 月 1 9 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G11B 7/26	501		G11B 7/26	501
G03F 7/20	504		G03F 7/20	504
G11B 7/24			G11B 7/24	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 1 0 頁)

(21) 出願番号 特願平 1 0 - 8 7 3 6 9

(22) 出願日 平成 1 0 年 (1 9 9 8) 3 月 3 1 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 2 1 8 5  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

(72) 発明者 山津 久行  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソ  
ニー株式会社内

(72) 発明者 安芸 祐一  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソ  
ニー株式会社内

(72) 発明者 谷島 孝  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソ  
ニー株式会社内

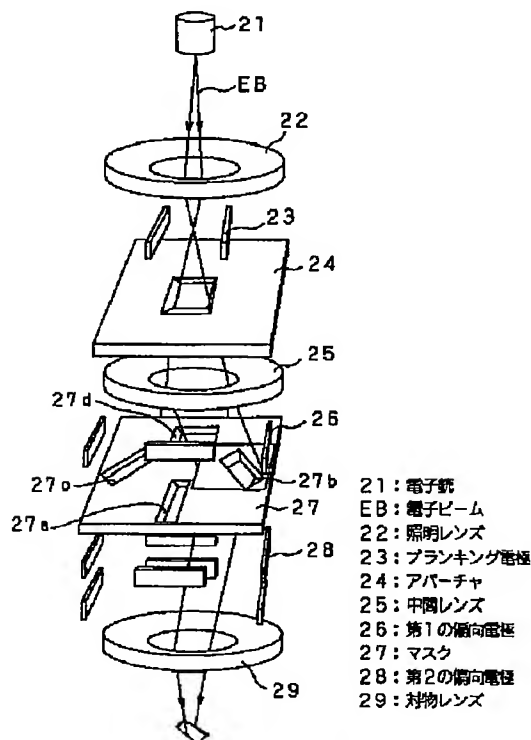
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】露光装置、露光方法及び記録媒体

## (57) 【要約】

【課題】 ピットのトラック方向の長さ以外の要素によっても情報信号を示すようにした記録媒体、並びにそのような記録媒体の実現を可能とする露光装置及び露光方法を提供する。

【解決手段】 記録媒体に記録されるビットパターンに対応するように電子ビームによってレジストを露光する露光装置において、複数の異なる形状の開口部を有するマスクを電子ビームの行路中に配する。そして、それらの開口部のいずれかに電子ビームを通過させることによって、開口部の形状に対応するように電子ビームのビーム形状を成形し、このようにビーム形状が成形された電子ビームによってレジストを露光する。これにより、様々なビット形状に対応するようにレジストを露光することが可能となるので、ビットのトラック方向の長さ以外の要素にも情報を持たせることが可能となる。



電子線ヘッドの内部の構成

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に記録されるビットパターンに対応するようにレジストを露光する露光装置であって、電子ビームを出射する電子銃と、

電子銃から出射された電子ビームの進行方向を制御する偏向手段と、

偏向手段によって進行方向が制御された電子ビームの行路中に配され、複数の異なる形状の開口部を有し、電子ビームを開口部に通過させることによって当該開口部の形状に対応するように電子ビームのビーム形状を成形するマスクとを備え、

記録媒体に記録されるビットパターンに応じて、偏向手段によって電子ビームの進行方向を制御して、マスクに入射した電子ビームが通過する開口部を変更し、マスクに形成された開口部のいずれかを通過することによりビーム形状が成形された電子ビームによってレジストを露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 上記記録媒体に記録されるビットパターンは、複数の異なる形状のビットからなるパターンであり、

上記マスクに形成された複数の異なる形状の開口部は、ビットパターンを構成する複数の異なる形状のビットに対応しており、

各開口部の形状と各ビットの形状とが略相似形であることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】 上記偏向手段は、電子ビームの行路に電界又は磁界を印加するとともに、当該電界又は磁界の方向及び／又は強度を変化させることにより、ビットパターンに対応した開口部を電子ビームが通過するように、上記マスクに入射する電子ビームの進行方向を制御することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 4】 記録媒体に記録されるビットパターンに対応するように電子ビームによってレジストを露光する際に、

複数の異なる形状の開口部を有し当該開口部に電子ビームを通過させることによって当該開口部の形状に対応するように電子ビームのビーム形状を成形するマスクを、電子ビームの行路中に配し、

記録媒体に記録されるビットパターンに応じて、電子ビームの進行方向を制御して、マスクに入射した電子ビームが通過する開口部を変更し、マスクに形成された開口部のいずれかを通過することによりビーム形状が成形された電子ビームによって、レジストを露光することを特徴とする露光方法。

【請求項 5】 上記記録媒体に記録されるビットパターンは、複数の異なる形状のビットからなるパターンであり、

上記マスクに形成された複数の異なる形状の開口部は、ビットパターンを構成する複数の異なる形状のビットに対応しており、

各開口部の形状と各ビットの形状とが略相似形であることを特徴とする請求項 4 記載の露光方法。

【請求項 6】 電子ビームの行路に電界又は磁界を印加するとともに、当該電界又は磁界の方向及び／又は強度を変化させることにより、ビットパターンに対応した開口部を電子ビームが通過するように、マスクに入射する電子ビームの進行方向を制御することを特徴とする請求項 4 記載の露光方法。

【請求項 7】 電子ビームによってレジストを露光する工程を経て製造された原盤をもとに作製された記録媒体であって、

情報信号を示す複数のビットからなるビットパターンが記録され、

上記ビットパターンは、長手方向がトラック方向に対して非平行とされたビットを含み、

上記ビットの長手方向とトラック方向とがなす角度及び／又は上記ビットの長手方向の長さが情報信号を示していることを特徴とする記録媒体。

【請求項 8】 上記原盤は、上記ビットパターンを構成する各ビットに対応するように電子ビームのビーム形状を成形してレジストを露光した後に当該レジストを現像することにより形成された凹凸パターンが転写されてなることを特徴とする請求項 7 記載の記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録媒体に記録されるビットパターンに対応するように電子ビームによってレジストを露光する露光装置及び露光方法に関する。また、本発明は、電子ビームによってレジストを露光する工程を経て製造された原盤をもとに作製された記録媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 再生専用光ディスク、光磁気ディスク及び相変化型光ディスク等のような記録媒体は、情報信号が記録される記録膜がディスク基板上に形成されてなる。

【0003】 このような記録媒体を作製する際は、先ず、レーザー光を利用した光リソグラフィ技術により、記録媒体に記録するビットパターンに対応した凹凸パターンを、ガラス原盤上に形成する。具体的には、先ず、ガラス原盤上にレジストを塗布し、その後、記録媒体に記録するビットパターンに対応するように、ガラス原盤を回転させながらレジストに対してレーザ光を照射する。これにより、レジストが露光され、記録媒体に記録するビットパターンに対応した潜像がレジストに形成される。その後、レジストに形成された潜像を現像する。これにより、記録媒体に記録するビットパターンに対応した凹凸パターンが、ガラス原盤上に形成される。

【0004】 そして、記録媒体に記録するビットパターンに対応した凹凸パターンをガラス原盤上に形成した

ら、次に、当該凹凸パターン上にNiメッキを施し、その後、当該Niメッキを剥離する。これにより、凹凸パターンが転写されたNiメッキからなる原盤（いわゆるスタンパ）が得られる。その後、当該原盤を型として、樹脂材料を射出成形する。これにより、記録媒体に記録するビットパターンが形成されてなるディスク基板が作製される。そして、このように作製されたディスク基板上に、所定の記録膜、光反射膜及び保護膜等を形成することにより、記録媒体が作製される。

【0005】以上のように、従来、記録媒体を作製する際には、レーザー光を利用した光リソグラフィ技術を採用していた。このとき、基本的には一点に集光された光スポットによってレジストを露光するようにしており、ガラス原盤回転方向（すなわちトラック方向）に沿った露光軌跡がビットとなっていた。すなわち、従来の記録媒体において、ビットは、その長手方向がトラック方向に対して平行となるように記録され、それらのビットの長手方向の長さ（すなわちトラック方向の長さ）が、情報信号を示していた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、記録媒体には更なる高記録密度化が望まれている。そして、記録媒体の更なる高記録密度化を図るために、情報信号をビットのトラック方向の長さで表すのではなく、ビットのトラック方向の長さ以外の要素（例えばビットの形状や向き等）によって情報信号を示すようにする手法が考案されている。

【0007】しかし、上述のようにレーザー光を利用した光リソグラフィ技術を採用して記録媒体を作製した場合、ビットのトラック方向の長さ以外の要素を変化させることは困難である。

【0008】例えば、レーザー光を利用した光リソグラフィ技術を採用して、ディスク半径方向に長手方向を持ったビットを記録しようとするには、ガラス原盤の回転による光スポットの移動を打ち消すように、レーザー光の照射位置を2次元平面内で偏向させる必要が生じる。レーザー光の偏向には、通常、電気光学偏向器（EOD）や音響光学偏向器（AOD）のようなデバイスが利用されるが、これらはいずれも1次元方向へ偏向を行うデバイスであるため、レーザー光を2次元平面内で偏向させるには、これらのデバイスを複数使用する必要がある。しかし、これらのデバイスを複数使用してレーザー光を2次元平面内で偏向させるようにするには、それらのデバイスを非常に精度良くアライメントする必要がある、しかも、それらのデバイスの動作の同期を非常に精度良く取る必要がある。しかし、それらのデバイスのアライメントや同期を、記録媒体のビット形成という用途に対応できる程度にまで、十分に精度良く行うことは非常に困難である。そのため、レーザー光を利用した光リソグラフィ技術を採用して、ディスク半径方向に長手方向を持

たビットを記録することは、非常に困難である。

【0009】以上のように、ビットによって情報信号が記録される記録媒体の製造には、レーザー光を利用した光リソグラフィ技術が採用されているが、光リソグラフィ技術では、ビットのトラック方向の長さ以外の要素を変化させることは困難であり、そのため、ビットのトラック方向の長さ以外の要素によって情報信号を示すようにした記録媒体は未だ実用化には至っていない。

【0010】本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、ビットのトラック方向の長さ以外の要素によっても情報信号を示すようにした記録媒体、並びにそのような記録媒体の実現を可能とする露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係る露光装置は、記録媒体に記録されるビットパターンに対応するようにレジストを露光する露光装置であり、電子ビームを出射する電子銃と、電子銃から出射された電子ビームの進行方向を制御する偏向手段と、偏向手段によって進行方向が制御された電子ビームの行路中に配されたマスクとを備える。そして、上記マスクは、複数の異なる形状の開口部を有し、電子ビームを開口部に通過させることによって当該開口部の形状に対応するように電子ビームのビーム形状を成形する。

【0012】この露光装置では、記録媒体に記録されるビットパターンに応じて、偏向手段によって電子ビームの進行方向を制御して、マスクに入射した電子ビームが通過する開口部を変更する。そして、マスクに形成された開口部のいずれかを通過することによりビーム形状が成形された電子ビームによって、レジストを露光する。

【0013】なお、記録媒体に記録されるビットパターンは、例えば、複数の異なる形状のビットからなるパターンとされるが、この場合は、上記マスクに形成された複数の異なる形状の開口部が、ビットパターンを構成する複数の異なる形状のビットに対応しており、且つ、各開口部の形状と各ビットの形状とが、略相似形となることが好ましい。

【0014】なお、上記偏向手段としては、電子ビームの行路に電界又は磁界を印加するとともに、当該電界又は磁界の方向及び／又は強度を変化させることにより、ビットパターンに対応した開口部を電子ビームが通過するように、上記マスクに入射する電子ビームの進行方向を制御するようなものが好適である。

【0015】また、本発明に係る露光方法では、記録媒体に記録されるビットパターンに対応するように電子ビームによってレジストを露光する際に、複数の異なる形状の開口部を有するマスクを電子ビームの行路中に配することによって、当該開口部の形状に対応するように電子ビームのビーム形状を成形するものである。そして、

記録媒体に記録されるビットパターンに応じて、電子ビームの進行方向を制御して、マスクに入射した電子ビームが通過する開口部を変更し、マスクに形成された開口部のいずれかを通過することによりビーム形状が形成された電子ビームによって、レジストを露光する。

【0016】なお、記録媒体に記録されるビットパターンは、例えば、複数の異なる形状のビットからなるパターンとされるが、この場合は、上記マスクに形成された複数の異なる形状の開口部が、ビットパターンを構成する複数の異なる形状のビットに対応しており、且つ、各開口部の形状と各ビットの形状とが、略相似形となっていることが好ましい。

【0017】なお、マスクに入射する電子ビームの進行方向を制御する際は、電子ビームの行路に電界又は磁界を印加するとともに、当該電界又は磁界の方向及び／又は強度を変化させることにより、ビットパターンに対応した開口部を電子ビームが通過するように、マスクに入射する電子ビームの進行方向を制御することが好ましい。

【0018】また、本発明に係る記録媒体は、電子ビームによってレジストを露光する工程を経て製造された原盤をもとに作製された記録媒体であって、情報信号を示す複数のビットからなるビットパターンが記録されてなる。そして、上記ビットパターンは、長手方向がトラック方向に対して非平行とされたビットを含み、上記ビットの長手方向とトラック方向とがなす角度及び／又は上記ビットの長手方向の長さが情報信号を示していることを特徴とする。

【0019】なお、上記原盤は、例えば、上記ビットパターンを構成する各ビットに対応するように電子ビームのビーム形状を成形してレジストを露光した後当該レジストを現像することにより形成された凹凸パターンが転写されてなる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0021】まず、本発明に係る記録媒体の実施の形態について、再生専用の光ディスクを例に挙げて説明する。なお、ここでは、再生専用の光ディスクを例に挙げるが、本発明は情報信号の追記が可能な記録媒体にも適用可能である。

【0022】本発明を適用した光ディスクの一例を図1に示す。この光ディスク1は、信号記録領域に情報信号を示すビットパターンが形成されてなるディスク基板2を有しており、このディスク基板2の上に光反射膜が形成され、更に当該光反射膜上に保護膜が形成されてなる。

【0023】この光ディスク1において、情報信号を示すビットパターンは複数のビットからなる。すなわち、この光ディスク1において、ディスク基板2には、複数

のビットを情報信号に対応するように配列したビットパターンが形成されている。

【0024】具体的には、ビットパターンは、図2に示すように、長手方向の向きが異なる4種類のビット5a, 5b, 5c, 5dから構成される。すなわち、ビットパターンは、図2(a)に示すように長手方向がトラック方向に対して平行となるように形成された第1のビット5aと、図2(b)に示すように長手方向がトラック方向に対して $+45^\circ$ となるように形成された第2のビット5bと、図2(c)に示すように長手方向がトラック方向に対して $-45^\circ$ となるように形成された第3のビット5cと、図2(d)に示すように長手方向がトラック方向に対して直交するように形成された第4のビット5dとから構成される。なお、以下の説明において、これら第1乃至第4のビット5a, 5b, 5c, 5dをまとめて呼ぶときには、単にビット5と称する。

【0025】これらのビット5は、長手方向とトラック方向とがなす角度によって情報信号を示している。換言すれば、この光ディスク1では、1つのビットの向きを変えることで、1つのビットだけで4値の記録(ビットが無い状態も含めれば5値の記録)が可能となっている。したがって、この光ディスク1は、ビットのトラック方向の長さだけで情報信号を示していた従来の光ディスクに比べて、大幅に高記録密度化を図ることができる。

【0026】このような光ディスク1から情報信号を再生する際は、光ディスク1に円偏光を照射し、その反射光を検出する。図3(a)に示すように、円偏光の光スポット6がビット5の形成されていないミラー面に入射した場合、その反射光は円偏光のままであるが、図3(b)~図3(e)に示すように、ビット5が形成されている場合には、ビット5の向きによって反射光の偏光状態が変化する。

【0027】具体的には、図3(b)に示すように、長手方向がトラック方向に対して平行となっている第1のビット5aに円偏光の光スポット6が入射したとき、その反射光は、長軸がトラック方向に対して平行な方向を向いた楕円偏光となる。また、図3(c)に示すように、長手方向がトラック方向に対して $+45^\circ$ の方向を向いた第2のビット5bに円偏光の光スポット6が入射したとき、その反射光は、長軸がトラック方向に対して $+45^\circ$ の方向を向いた楕円偏光となる。また、図3(d)に示すように、長手方向がトラック方向に対して $-45^\circ$ の方向を向いた第3のビット5cに円偏光の光スポット6が入射したとき、その反射光は、長軸がトラック方向に対して $-45^\circ$ の方向を向いた楕円偏光となる。また、図3(e)に示すように、長手方向がトラック方向に対して直交している第4のビット5dに円偏光の光スポット6が入射したとき、その反射光は、長軸がトラック方向に対して直交する方向を向いた楕円偏光と

なる。

【 0 0 2 8 】 このように、光ディスク 1 に円偏光を照射したとき、その反射光の偏光状態は、ビット 5 の向きに応じて変化する。そこで、反射光の偏光状態を検出することにより、情報信号を再生することができる。

【 0 0 2 9 】 なお、光ディスク 1 からの情報信号の再生方法は、上述のように反射光の偏光状態を検出する方法に限られるものではなく、例えば、反射光の偏光状態の変化と、反射光の光量の変化とを同時に検出し、それらに基づいて情報信号を再生するようにしても良い。

【 0 0 3 0 】 つぎに、以上のような光ディスク 1 の製造方法について、具体的な一例を挙げて説明する。

【 0 0 3 1 】 光ディスク 1 を製造する際は、先ず、表面を十分平坦に研磨して洗浄したガラス原盤を用意する。そして、このガラス原盤の上に、電子ビームに感光するレジストを塗布する。ここで、レジストの膜厚は、ディスク基板 2 に形成するビット 5 の最大深さに対応するように形成することが好ましい。なお、ディスク基板 2 に形成するビット 5 の最大深さは、光ディスク 1 からの再生信号出力が最大となるようにすることが好ましく、具体的には、情報信号の再生に使用される光の波長を  $\lambda$ 、ディスク基板 2 の屈折率を  $n$  としたとき、 $\lambda / (4n)$  とすることが好ましい。したがって、ガラス原盤上に塗布形成するレジストの膜厚も、 $\lambda / (4n)$  とすることが好ましい。

【 0 0 3 2 】 次に、露光工程として、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応するように、電子ビームをレジストに照射する。このとき、電子ビームの照射は、ガラス原盤を回転させるとともに、電子ビームの照射位置を半径方向に移動させながら行う。すなわち、電子ビームの照射位置は、ガラス原盤の一回転あたりに所定のトラックピッチに相当する量だけ移動するように連続して移動させる。これにより、所定のトラックピッチにて、スパイラル状にレジストが露光されていき、露光された部分にビットパターンに対応した潜像が形成されることとなる。なお、この露光工程で使用される露光装置、並びに当該露光装置を用いての露光方法については、後で詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】 次に、露光工程で露光されたレジストを現像液で現像する。これにより、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応した凹凸パターンが、ガラス原盤上に形成される。次に、当該凹凸パターン上に Ni 等のメッキを施してメッキ層を形成する。その後、このメッキ層を剥離することにより、ガラス原盤上に形成されていた凹凸パターンが転写されてなる原盤（いわゆるスタンパ）が得られる。

【 0 0 3 4 】 そして、以上のように作製された原盤をもとに光ディスク 1 を作製する。具体的には、先ず、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応した凹凸パターンが形成されてなる上記原盤を型として、樹脂材料等

を射出成形する。これにより、ビットパターンが転写されてなるディスク基板 2 が得られる。その後、ディスク基板 2 のビットパターンが形成された面上に、A 1 等からなる光反射膜を形成し、更に当該光反射膜上に紫外線硬化樹脂等からなる保護膜を形成する。これにより、所定のビットパターンが記録されてなる光ディスク 1 が完成する。

【 0 0 3 5 】 つぎに、上記露光工程で使用される露光装置について図 4 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 3 6 】 図 4 に示す露光装置 1 0 は、本発明が適用されてなる露光装置であり、レジストが塗布されたガラス原盤 1 1 に向けて電子ビーム EB を出射する電子線ヘッド 1 2 と、電子線ヘッド 1 2 に対してブランキング信号を供給するブランキング信号出力回路 1 3 と、電子線ヘッド 1 2 に対して変調信号を供給する変調信号出力回路 1 4 と、レジストが塗布されたガラス原盤 1 1 を回転させる回転駆動機構 1 5 と、レジストが塗布されたガラス原盤 1 1 を回転駆動機構 1 5 ごと平行移動させる平行移動機構 1 6 と、この露光装置 1 0 を構成する各部を制御する制御装置 1 7 とを備えている。

【 0 0 3 7 】 電子線ヘッド 1 2 は、レジストが塗布されたガラス原盤 1 1 に向けて電子ビーム EB を出射する。この電子線ヘッド 1 2 は、ブランキング信号出力回路 1 3 から供給されるブランキング信号に基づいて、電子ビーム EB の強度変調（オン／オフの切り換え）を行う。また、電子線ヘッド 1 2 は、変調信号出力回路 1 4 から供給される変調信号に基づいて、露光するビット 5 の形状に対応するようにビーム形状を成形した上で電子ビーム EB を出射する。

【 0 0 3 8 】 ブランキング信号出力回路 1 3 は、制御装置 1 7 による制御に基づいて、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応したブランキング信号を生成し、当該ブランキング信号を電子線ヘッド 1 2 に供給する。なお、ブランキング信号は、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム EB を出射させるか否かを制御するための信号である。

【 0 0 3 9 】 変調信号出力回路 1 4 は、制御装置 1 7 による制御に基づいて、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応した変調信号を生成し、当該変調信号を電子線ヘッド 1 2 に供給する。なお、変調信号は、電子線ヘッド 1 2 から出射される電子ビーム EB のビーム形状を制御するための信号である。すなわち、電子線ヘッド 1 2 から出射される電子ビーム EB のビーム形状は、この変調信号に基づいて、第 1 乃至第 4 のビット 5 a, 5 b, 5 c, 5 d のいずれかに対応するように成形される。

【 0 0 4 0 】 回転駆動機構 1 5 は、ガラス原盤 1 1 が載置されるターンテーブルと、当該ターンテーブルを回転駆動させるエアスピンドルとを備えている。この回転駆動機構 1 5 は、制御装置 1 7 による制御に基づいて、図

4 中矢印 A 1 に示すように、エアスピンドルによってターンテーブルを所定の回転速度で回転駆動させ、これにより、ターンテーブル上に載置されたガラス原盤 1 1 を回転駆動させる。なお、この回転駆動機構 1 5 のエアスピンドルは、回転速度を高精度に制御することが可能となっていることが好ましい。具体的には、例えば、光学式ロータリーエンコーダーを用いたサーボ機構により、1 回転当たりの回転ジッターが  $10^{-7}$  以下となるように、エアスピンドルの回転速度を制御するようにする。

【0041】平行移動機構 1 6 は、例えばリニアモーター型エアスライド装置からなり、制御装置 1 7 による制御に基づいて、図 4 中矢印 A 2 に示すように、ターンテーブル上にガラス原盤 1 1 が載置された回転駆動機構 1 5 を、ガラス原盤 1 1 の半径方向に平行移動させる。ここで、平行移動機構 1 6 は、その移動量を高精度に制御することが可能となっていることが好ましい。具体的には、例えば、平行移動機構 1 6 にレーザスケールを取り付け、当該レーザスケールによって移動量を測定しながら移動操作を行うことにより、その移動操作を数 nm 以下の送り精度にて行うようにする。

【0042】ところで、一般に電子ビームは、伝播中に他の原子や分子に衝突すると、当該衝突により散乱され、拡がりを持ったエネルギー損失を被る。したがって、レジストが塗布されたガラス原盤 1 1 に向けて出射される電子ビーム E B の経路は、高真空とされていることが望ましい。そこで、電子線ヘッド 1 2 の内部は  $10^{-6}$  Pa 程度以下の超高真空に保持することが好ましく、更には、回転駆動機構 1 5 及び平行移動機構 1 6 も真空チャンバの中に配置して、当該真空チャンバの内部も  $10^{-7}$  Pa 程度以下の真空度に保持することが好ましい。

【0043】つぎに、以上のような露光装置 1 0 の電子線ヘッド 1 2 について、図 5 を参照して更に詳細に説明する。

【0044】図 5 に示すように、電子線ヘッド 1 2 は、電子ビーム E B を出射する電子銃 2 1 と、電子銃 2 1 から出射された電子ビーム E B を集束させる照明レンズ 2 2 と、照明レンズ 2 2 によって集束させた電子ビーム E B の進行方向を制御するブランキング電極 2 3 と、ブランキング電極 2 3 によって進行方向が制御された電子ビーム E B の行路中に配されたアパーチャ 2 4 と、アパーチャ 2 4 を通過してきた電子ビーム E B を集束させる中間レンズ 2 5 と、中間レンズ 2 5 によって集束させた電子ビーム E B の進行方向を制御する第 1 の偏向電極 2 6 と、第 1 の偏向電極 2 6 によって進行方向が制御された電子ビーム E B の行路中に配され、第 1 乃至第 4 のピット 5 a, 5 b, 5 c, 5 d に対応した第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a, 2 7 b, 2 7 c, 2 7 d を有するマスク 2 7 と、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a, 2 7 b, 2 7 c, 2 7 d を通過してきた電子ビーム E B の進行方向を制御する第 2 の偏向電極 2 8 と、第 2 の偏向電極 2

8 によって進行方向が制御された電子ビーム E B を集束させる対物レンズ 2 9 とを備えている。

【0045】この電子線ヘッド 1 2 において、電子銃 2 1 から出射された電子ビーム E B は、先ず、照明レンズ 2 2 によって集束させられる。ここで、照明レンズ 2 2 は、いわゆる静電レンズ又は電磁レンズであり、電子ビーム E B に対して電界又は磁界を印加することにより、電子ビーム E B を集束させる。

【0046】そして、照明レンズ 2 2 によって集束させられた電子ビーム E B は、ブランキング電極 2 3 によって進行方向が制御される。ここで、ブランキング電極 2 3 は、複数の電極からなる。そして、ブランキング信号出力回路 1 3 から供給されるブランキング信号に応じて、ブランキング電極 2 3 を構成する各電極に印加される電圧が制御され、これにより、電子ビーム E B の進行方向が制御される。

【0047】具体的には、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射しないとき（すなわちレジストを露光しないとき）は、ブランキング電極 2 3 を構成する各電極に電圧を印加し、それらの電極間に生じる電界により電子ビーム E B の進行方向を曲げて、照明レンズ 2 2 によって集束させた電子ビーム E B がアパーチャ 2 4 を通過しないようにする。一方、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射するとき（すなわちレジストを露光するとき）は、ブランキング電極 2 3 を構成する各電極に電圧を印加することなく、照明レンズ 2 2 によって集束させた電子ビーム E B がそのままアパーチャ 2 4 を通過するようにする。

【0048】上述のように、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射するとき（すなわちレジストを露光するとき）、電子ビーム E B は、アパーチャ 2 4 を通過することとなる。そして、アパーチャ 2 4 を通過した電子ビーム E B は、中間レンズ 2 5 によって集束させられる。ここで、中間レンズ 2 5 は、いわゆる静電レンズ又は電磁レンズであり、電子ビーム E B に対して電界又は磁界を印加することにより、電子ビーム E B を集束させる。

【0049】そして、中間レンズ 2 5 によって集束させられた電子ビーム E B は、第 1 の偏向電極 2 6 によって進行方向が制御される。ここで、第 1 の偏向電極 2 6 は、複数の電極からなる。そして、変調信号出力回路 1 4 から供給される変調信号に応じて、第 1 の偏向電極 2 6 を構成する各電極に印加される電圧が制御され、これにより、電子ビーム E B の進行方向が制御される。

【0050】具体的には、電子線ヘッド 1 2 から出射する電子ビーム E B によって第 1 のピット 5 a に対応したパターンを露光するときは、第 1 の偏向電極 2 6 を構成する各電極に電圧を印加し、それらの電極間に生じる電界により電子ビーム E B の進行方向を曲げて、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a, 2 7 b, 2 7 c, 2 7 d



のうち、第 1 のビット 5 a に対応した開口部 2 7 a を電子ビーム E B が通過するようにする。

【 0 0 5 1 】 また、電子線ヘッド 1 2 から出射する電子ビーム E B によって第 2 のビット 5 b に対応したパターンを露光するときは、第 1 の偏向電極 2 6 を構成する各電極に電圧を印加し、それらの電極間に生じる電界により電子ビーム E B の進行方向を曲げて、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のうち、第 2 のビット 5 b に対応した開口部 2 7 b を電子ビーム E B が通過するようにする。なお、図 5 における電子ビーム E B の経路は、この場合を示している。

【 0 0 5 2 】 また、電子線ヘッド 1 2 から出射する電子ビーム E B によって第 3 のビット 5 c に対応したパターンを露光するときは、第 1 の偏向電極 2 6 を構成する各電極に電圧を印加し、それらの電極間に生じる電界により電子ビーム E B の進行方向を曲げて、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のうち、第 3 のビット 5 c に対応した開口部 2 7 c を電子ビーム E B が通過するようにする。

【 0 0 5 3 】 また、電子線ヘッド 1 2 から出射する電子ビーム E B によって第 4 のビット 5 d に対応したパターンを露光するときは、第 1 の偏向電極 2 6 を構成する各電極に電圧を印加し、それらの電極間に生じる電界により電子ビーム E B の進行方向を曲げて、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のうち、第 4 のビット 5 d に対応した開口部 2 7 d を電子ビーム E B が通過するようにする。

【 0 0 5 4 】 以上のように、第 1 の偏向電極 2 6 は、電子ビーム E B の行路に電界を印加するとともに、当該電界の方向や強度を変化させることにより、マスク 2 7 に形成された第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のいずれかを電子ビーム E B が通過するように、マスク 2 7 に入射する電子ビーム E B の進行方向を制御する。なお、このように電子ビーム E B の進行方向を制御するにあたっては、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のうちのいずれか一つに電子ビーム E B が入射している間は、他の開口部には電子ビーム E B が入射しないようにしておく。

【 0 0 5 5 】 なお、マスク 2 7 に形成された第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d は、それぞれ第 1 乃至第 4 のビット 5 a、5 b、5 c、5 d に対応している。そして、第 1 の開口部 2 7 a の形状と第 1 のビット 5 a の形状とが相似形とされ、第 2 の開口部 2 7 b の形状と第 2 のビット 5 b の形状とが相似形とされ、第 3 の開口部 2 7 c の形状と第 3 のビット 5 c の形状とが相似形とされ、第 4 の開口部 2 7 d の形状と第 4 のビット 5 d の形状とが相似形とされている。したがって、電子ビーム E B は、マスク 2 7 に形成された第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のいずれかを通過することにより、第 1 乃至第 4 のビット 5 a、5

b、5 c、5 d のいずれかに対応した形状となるように、ビーム形状が成形される。

【 0 0 5 6 】 そして、マスク 2 7 に形成された第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のいずれかを通過することにより、第 1 乃至第 4 のビット 5 a、5 b、5 c、5 d のいずれかに対応したビーム形状となるように成形された電子ビーム E B は、第 2 の偏向電極 2 8 によって進行方向が制御される。ここで、第 2 の偏向電極 2 8 は、複数の電極からなる。そして、変調信号出力回路 1 4 から供給される変調信号に応じて、第 2 の偏向電極 2 8 を構成する各電極に印加される電圧が制御され、これにより、電子ビーム E B の進行方向が制御される。具体的には、マスク 2 7 に形成された第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のうちのいずれを電子ビーム E B が通過してきた場合も、電子線ヘッド 1 2 から出射される電子ビーム E B の集束位置が常に一定の位置となるように、第 2 の偏向電極 2 8 によって電子ビーム E B の進行方向を制御する。

【 0 0 5 7 】 そして、第 2 の偏向電極 2 8 によって進行方向が制御された電子ビーム E B は、対物レンズ 2 9 によって集束させられる。ここで、対物レンズ 2 9 は、いわゆる静電レンズ又は電磁レンズであり、電子ビーム E B に対して電界又は磁界を印加することにより、電子ビーム E B を集束させる。

【 0 0 5 8 】 そして、対物レンズ 2 9 によって集束させられた電子ビーム E B が、電子線ヘッド 1 2 から出射され、ガラス原盤 1 1 の上に塗布形成されたレジストに入射することとなる。このとき、レジストに入射する電子ビーム E B のスポットの形状は、マスク 2 7 に形成された第 1 乃至第 4 の開口部 2 7 a、2 7 b、2 7 c、2 7 d のうち、電子ビーム E B が通過してきた開口部の形状と相似した形状となる。すなわち、この電子線ヘッド 1 2 では、レジストに入射する電子ビーム E B の形状を、第 1 乃至第 4 のビット 5 a、5 b、5 c、5 d の形状と相似形にすることが可能となっている。

【 0 0 5 9 】 なお、上記電子線ヘッド 1 2 では、電子ビーム E B の行路に電界を印加することにより、電子ビーム E B を偏向させるようにしたが、電子ビーム E B の行路に磁界を印加することにより、電子ビーム E B を偏向させるようにしてもよい。すなわち、ブランキング電極 2 3 や第 1 の偏向電極 2 6 や第 2 の偏向電極 2 8 に代えて、磁界発生手段を設けて、電子ビーム E B の行路に磁界を印加するとともに、当該磁界の方向や強度を変化させることにより、電子ビーム E B の進行方向を制御するようにしてもよい。

【 0 0 6 0 】 また、上記電子線ヘッド 1 2 では、ブランキング電極 2 3 及びアパーチャ 2 4 を用いることで、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射させるか否かの切り換えの機能を実現していたが、第 1 の偏向電極 2 6 及びマスク 2 7 にブランキング電極 2 3 及びアパーチャ

ャ 2 4 の機能を持たせて、ブランキング電極 2 3 及びアパーチャ 2 4 を取り除いてしまうことも可能である。この場合、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射しないようにするには、第 1 の偏向電極 2 6 によって電子ビーム E B の進行方向を制御して、マスク 2 7 に形成された開口部 2 7 a, 2 7 b, 2 7 c, 2 7 d を電子ビーム E B が通過しないようにすればよい。このようにしても、ブランキング電極 2 3 及びアパーチャ 2 4 を用いた場合と同様に、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射させるか否かを切り換えることができる。

【 0 0 6 1 】 以上のような電子線ヘッド 1 2 を備えた露光装置 1 0 を用いて、レジストを露光する際は、先ず、レジストが塗布形成されたガラス原盤 1 1 を、回転駆動機構 1 5 のターンテーブル上に載置し固定する。

【 0 0 6 2 】 次に、制御装置 1 7 による制御に基づいて、図 4 中矢印 A 1 に示すように、回転駆動機構 1 5 のエアスピンドルによってターンテーブルを所定の回転速度で回転駆動させ、これにより、ターンテーブル上に載置されたガラス原盤 1 1 を回転駆動させる。また、制御装置 1 7 による制御に基づいて、平行移動機構 1 6 によ

って、図 4 中矢印 A 2 に示すように、ターンテーブル上にガラス原盤 1 1 が載置された回転駆動機構 1 5 を、ガラス原盤 1 1 の半径方向に平行移動させる。

【 0 0 6 3 】 そして、以上のようにガラス原盤 1 1 を回転及び平行移動させながら、電子線ヘッド 1 2 から電子ビーム E B を出射して、ガラス原盤 1 1 上のレジストを、光ディスク 1 に記録されるビットパターンに対応するように露光する。このとき、制御装置 1 7 による制御に基づいて、ブランキング信号出力回路 1 3 によって、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応したブラン

キング信号を生成し、当該ブランキング信号を電子線ヘッド 1 2 に供給する。また、制御装置 1 7 による制御に基づいて、変調信号出力回路 1 4 によって、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応した変調信号を生成し、当該変調信号を電子線ヘッド 1 2 に供給する。

【 0 0 6 4 】 そして、電子線ヘッド 1 2 は、ブランキング信号出力回路 1 3 から供給されるブランキング信号に基づいて、ブランキング電極 2 3 を構成する各電極に印加する電圧を制御して、アパーチャ 2 4 に入射する電子ビーム E B を偏向させ、これにより、光ディスク 1 に記

録するビットパターンに対応するように、レジストに照射する電子ビーム E B の強度変調（オン／オフの切り換え）を行う。

【 0 0 6 5 】 また、電子線ヘッド 1 2 は、変調信号出力回路 1 4 から供給される変調信号に基づいて、第 1 の偏向電極 2 6 を構成する各電極に印加する電圧を制御して、マスク 2 7 に入射する電子ビーム E B を偏向させ、これにより、レジストに入射する電子ビーム E B のビーム形状を、光ディスク 1 に記録するビットパターンを構成するビット 5 の形状に対応するように変化させる。

【 0 0 6 6 】 また、電子線ヘッド 1 2 は、変調信号出力回路 1 4 から供給される変調信号に基づいて、第 2 の偏向電極 2 8 を構成する各電極に印加する電圧を制御して、対物レンズ 2 9 によって集束され電子線ヘッド 1 2 から出射される電子ビーム E B の集束位置が常に一定の位置となるように、対物レンズ 2 9 に入射する電子ビーム E B を偏向させる。

【 0 0 6 7 】 なお、一般に電子ビームの偏向は、1 0 0 M H z 以上という非常に高い周波数で行うことが可能である。したがって、光ディスク 1 を製造するためにレジストを露光するにあたって、ブランキング電極 2 3、第 1 の偏向電極 2 6 及び第 2 の偏向電極 2 8 による電子ビーム E B の偏向の速度が問題となるようなことはない。

【 0 0 6 8 】 そして、以上のように、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応するように電子ビーム E B を強度変調させ、且つ電子ビーム E B のビーム形状の変化させながら、ガラス原盤 1 1 上に塗布形成されたレジストを露光する。これにより、第 1 乃至第 4 のビット 5 a, 5 b, 5 c, 5 d から構成されるビットパターンに

対応するように、レジストが露光されることとなる。

【 0 0 6 9 】 そして、このような露光工程の後には、上述したように、当該露光工程によりビットパターンに対応した潜像が形成されたレジストを現像液で現像する。これにより、光ディスク 1 に記録するビットパターンに対応した凹凸パターンが、ガラス原盤 1 1 上に形成される。その後、上述したように、当該凹凸パターンが転写されてなる原盤を作製し、当該原盤をもとに光ディスク 1 を作製する。

【 0 0 7 0 】 これにより、図 2 に示したような第 1 乃至第 4 のビット 5 a, 5 b, 5 c, 5 d から構成されるビットパターンが記録された光ディスク 1 が製造される。そして、この光ディスク 1 では、ビット 5 の向きを変えただけで 4 値の記録（ビット 5 が無い状態も含めれば 5 値の記録）が可能となっているので、非常に高記録密度化を図ることができる。

【 0 0 7 1 】 なお、以上の説明では、ビット 5 の長さを一定として、ビット 5 の長手方向の回転角にのみ情報を持たせて記録する場合を例に挙げたが、本発明を適用するにあたって、ビット 5 の形状はこれに限られるものではない。

【 0 0 7 2 】 例えば、ビット 5 の長手方向の回転角を変化させつつ、ビット 5 の長さも変化させて、回転角と長さの両方に情報を持たせるようにしてもよい。この場合は、例えば図 6 に示すようなマスク 3 0 を用いて、電子ビームのビーム形状を成形するようにする。図 6 に示したマスク 3 0 は、ビット形状と相似な開口部として、それぞれ長手方向の回転角や長さの異なる開口部 3 0 a, 3 0 b, 3 0 c, 3 0 d, 3 0 e, 3 0 f, 3 0 g, 3 0 h, 3 0 i, 3 0 j, 3 0 k, 3 0 l を有している。このマスク 3 0 を用いる場合も、上述したマスク 2 7 を

用いた場合と同様に、マスク 30 に形成された開口部 30 a, 30 b, 30 c, 30 d, 30 e, 30 f, 30 g, 30 h, 30 i, 30 j, 30 k, 30 l の中から、記録するビットに対応したものを選択して、電子ビームを成形するようにすればよい。このようにすれば、ビット一つあたりの情報量を更に増やすことができるので、記録密度を更に大幅に増大させることができる。

【0073】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、任意の方向に長手方向を持つビットを記録することが可能となるので、ビットのトラック方向の長さ以外の要素にも、情報を持たせることが可能なる。したがって、本発明によれば、記録媒体の大幅な高記録密度化を達成することが可能となる。

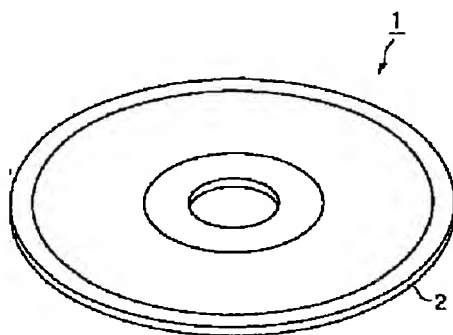
【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用した光ディスクの一例を示す図である。

【図 2】図 1 に示した光ディスクに記録されるビットパターンを構成するビットを示す図であり、図 2 (a) は、長手方向がトラック方向に対して平行となるように形成されたビットを示す図、図 2 (b) は、長手方向がトラック方向に対して  $+45^\circ$  となるように形成されたビットを示す図、図 2 (c) は、長手方向がトラック方向に対して  $-45^\circ$  となるように形成されたビットを示す図、図 2 (d) は、長手方向がトラック方向に対して直交するように形成されたビットを示す図である。

【図 3】円偏光でビットを再生したときの反射光の偏光

【図 1】



1 : 光ディスク  
2 : ディスク基板

状態を示す図であり、図 3 (a) は、ビットがないミラ一面の場合を示す図、図 3 (b) は、長手方向がトラック方向に対して平行となっている第 1 のビットの場合を示す図、図 3 (c) は、長手方向がトラック方向に対して  $+45^\circ$  の方向を向いた第 2 のビットの場合を示す図、図 3 (d) は、長手方向がトラック方向に対して  $-45^\circ$  の方向を向いた第 3 のビットの場合を示す図、図 3 (e) は、長手方向がトラック方向に対して直交している第 4 のビットの場合を示す図である。

10 【図 4】本発明を適用した露光装置の一構成例を示す図である。

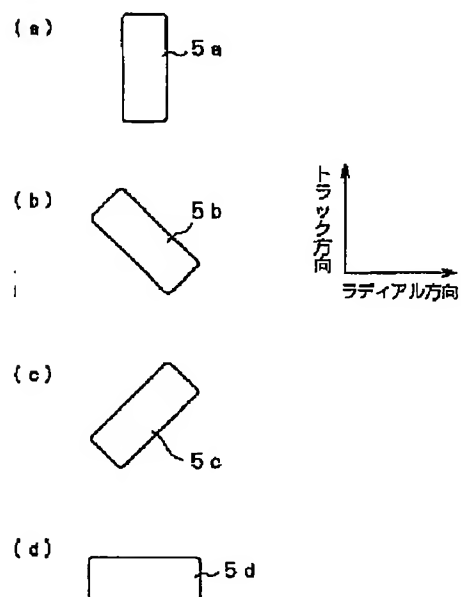
【図 5】図 4 に示した露光装置の電子線ヘッドの内部の構成を示す図である。

【図 6】本発明を適用した露光装置に使用されるマスクの他の例を示す図であり、ビット長を可変にした場合に使用されるマスクの例を示す図である。

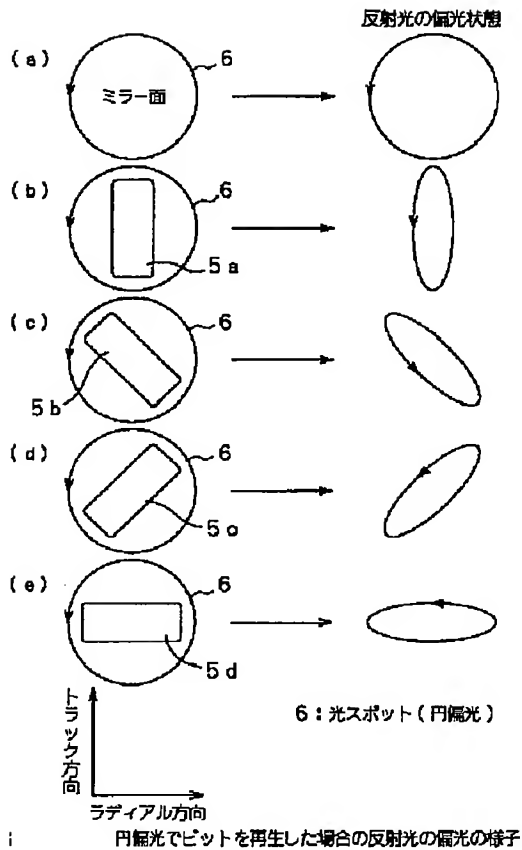
【符号の説明】

EB 電子ビーム、 10 露光装置、 11 ガラス原盤、 12 電子線ヘッド、 13 ブランキング信号出力回路、 14 変調信号出力回路、 15 回転駆動機構、 16 平行移動機構、 17 制御装置、 21 電子銃、 22 照明レンズ、 23 ブランキング電極、 24 アパーチャ、 25 中間レンズ、 26 第 1 の偏向電極、 27 マスク、 27 a, 27 b, 27 c, 27 d 開口部、 28 第 2 の偏向電極、 29 対物レンズ

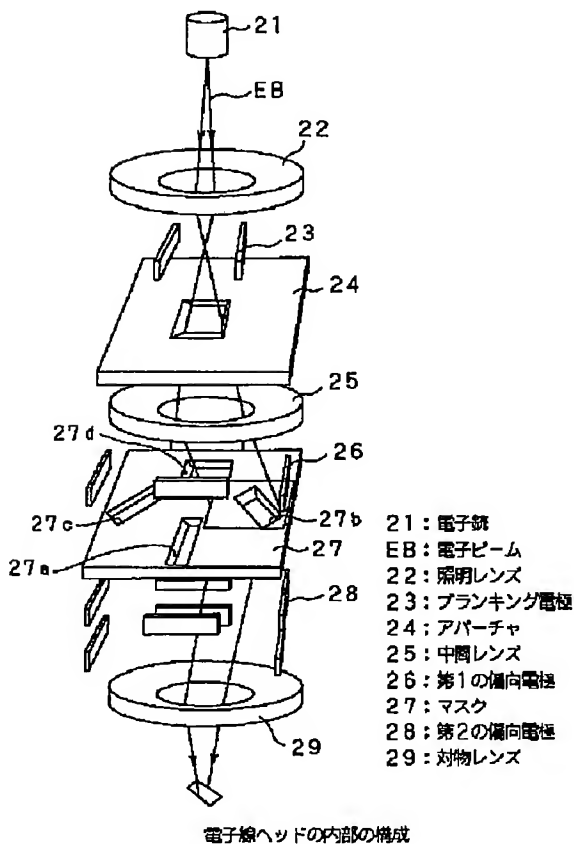
【図 2】



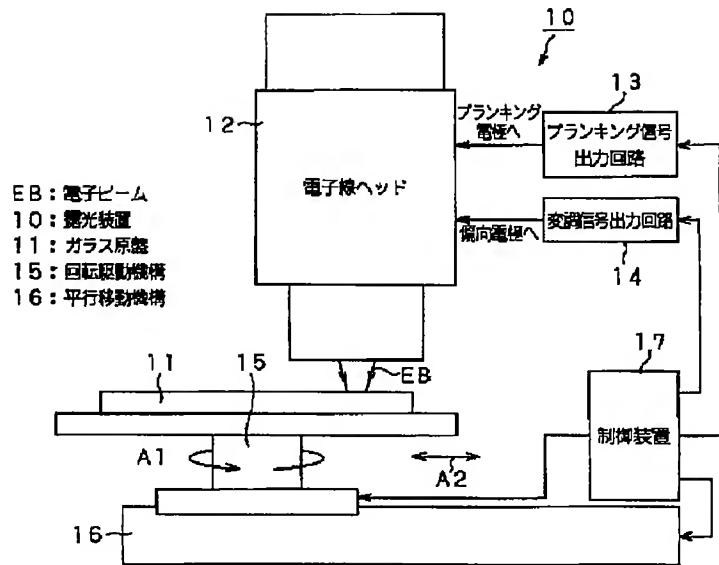
【図 3】



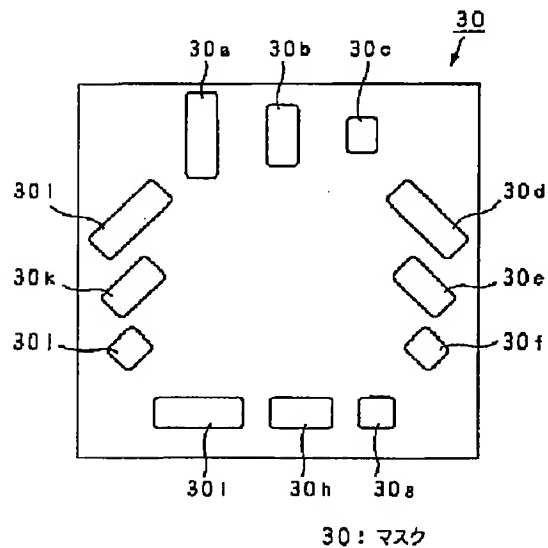
【図 5】



【図 4】



【図 6】



ビット長を可変にした場合のマスクの例